Münster 1935_No 202 Med DiSS

Aus dem Pharmakologischen Institut der Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster i. Westf.
Direktor: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund.

Über den Einfluß von Eisen auf die alkoholische Gärung

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät der Westf. Wilhelms-Universität
Münster i. Westf.

Vorgelegt von
Ernst Lohweg
Zahnarzt
aus Oerlinghausen/Lippe

Buch- und Kunstdruckerei Wilh. Postberg, Bottrop i. W.
1935

Dekan: Prof. Dr. Jötten.

Referent: Privatdozent Dr. med. et phil. W. Haarmann.

Korreferent: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster i. Westf.

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555426_0153

Die Prüfung des Verhaltens von Eisen auf die alkoholische Gärung ist insofern von Wichtigkeit, als sie dazu dient, die Beziehungen dieses, im menschlichen Organismus vorkommenden Elementes zur Kohlenhydratverdauung zu ergründen. Wir finden dementsprechend in der Literatur mehrere Verfasser, die sich damit beschäftigt haben, den Einfluß der verschiedensten Eisensalze auf die Gärung zu untersuchen. Es liegen Versuchsergebnisse über Ferrosulfatwirkung auf Bäcker- und Bierhefe vor. Harpuder[1]) untersuchte 1927 den Einfluß von Ferro- und Manganionen auf die Gärung, wobei er die Beeinflussung der Hefegärung durch diese Salze, die sich durch einen schnelleren oder langsameren Abbau der Dextrose kundtut, an der bei der Gärung entstehenden Kohlendioxydmenge maß. Als Suspensionsflüssigkeit für die Hefe verwandte er Ringerlösung bzw. NaCl. Harpuder stellte in seinen Versuchen fest, daß das Ferrosulfat in einer Konzentration von 1.10^{-3}m die Gärung der Bäckerhefe hemmt, bei einer Konzentration von 1.10^{-5} und geringer erhöht, und daß eine Konzentration von 1.10^{-6} keinen erkennbaren Einfluß mehr ausübt. Bei Bierhefe stellte Harpuder eine Hemmung der Gärung durch höhere Konzentrationen 1.10^{-3} fest, während bei geringeren Ferrosulfatkonzentrationen die Gärkraft der Hefe unbeeinflußt blieb.

Über die Wirkung von Ferri- und Ferroionen auf die alkoholische Gärung schreiben Hodel und Neuenschwander. Auch sie benutzten zur Feststellung der Gärgeschwindigkeit die CO_2-Messung. Sie führten ihre Versuche mit Mohr'schem Salz und Eisenalaun aus und stellten fest, daß die Wirkung dieser beiden Salze eine ganz verschiedene ist. Während die Wirkung des Feriions eine hemmende war, beeinflußte das Ferroion die Gärung nicht oder im Sinne einer leichten Beschleunigung. Leider ist nicht angegeben, um welche Hefe es sich in den Versuchen handelt, denn die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, daß ein und dasselbe Salz auf die verschiedenen Hefestämme ganz verschiedene Einflüsse ausübt. Auch Harpuder gibt an, daß sich die Hefen in dieser Beziehung recht verschieden verhalten. Die Be-

---

[1]) Harpuder: Biochem. Zeitschr. 183, 58, 1927.

[2]) Hodel, P. u. Neuenschwander: Biochem. Zeitschr. 156, 119, 1925.

stimmung der Kohlensäure als Maßstab für die Gärung ist deshalb nicht ganz genau, weil je nach der Änderung des Säuregrades mehr oder weniger Kohlensäure ausgetrieben werden kann. Man erhält ein klareres Bild über den Grad des Zuckerabbaues, wenn der Zucker vor und nach der Gärung direkt bestimmt wird. Mit dieser Methode sind die folgenden Versuche angestellt. Sie sollen zeigen, welchen Einfluß das Eisen in seinen verschiedenen Verbindungsarten auf die Gärung ausübt. Es wurden also mehrere Eisenverbindungen in ihrer Wirkung auf die Hefegärung geprüft, und zwar eine dreiwertige Eisenverbindung, das Ferrisulfat, und eine zweiwertige, das Ferrosulfat. Ferner wurde eine dritte Eisenverbindung, der Eisenzucker, der das Eisen in komplexer dreiwertiger Form enthält, untersucht. Sein Eisengehalt beträgt laut D. A. B. 2,8—3 %. Diese Verbindungen wurden sämtlich in Konzentrationen von 1.10^{-8} steigend bis 1.10^{-3} angewandt, einmal in Gegenwart von primärem Kaliumphosphat, $p_H = 4{,}53$, m/50, zweitens in Gegenwart von sekundärem Natriumphosphat, $p_H = 8{,}25$, m/50, also bei saurer und alkalischer Reaktion. Es wurde das Verhalten der Eisensalze auf drei verschiedene Hefestämme untersucht.

1. Handelsübliche Bäckerhefe,
2. Untergärige Bierhefe der Germania-Brauerei, Münster,
3. Untergärige Bierhefe der Westfalia-Brauerei, Münster.

Als Zuckerzusatz diente eine 25%ige Glukoselösung (Dextropur).

Der Gang der Versuche war folgender: 10 ccm 25%ige Glukoselösung wurden in eine Gärflasche gefüllt. Dazu kamen 5 ccm Zusatz der Eisensalzverdünnung, bzw. Aqu. dest. beim Kontrollversuch. Nun wurden 10 ccm Hefe, von welcher eine feinste Suspension mit primärem Kaliumphosphat, bzw. sekundärem Natriumphosphat von m/50 durch längeres Verrühren in der Reibschale hergestellt wurde, zugesetzt. Die Verdünnung der Hefe betrug 17 % (50 g Hefe auf 300 ccm Phosphatlösung). Die Einzelversuche bestanden aus folgenden Zusätzen:

10 ccm 25%ige Glukoselösung

5 ccm Eisensalzverdünnung bzw. H_2O beim Kontrollversuch,

10 ccm Hefesuspension in K_2HPO_4, $p_H = 4{,}53$ bzw. NaH_2PO_4, $p_H = 8{,}25$.

Diese Versuche gärten 4 Std. bei Zimmertemperatur. Nach genauem Ablauf dieser Zeit wurde die Gärung durch Zugießen von 10 ccm 15%iger Bleiacetatlösung, welche einen Zusatz von 0,1 % Monobromessigsäure enthielt, unterbrochen. Es bildet sich hierbei aus Bleiacetat und Phosphat unlösliches Bleiphosphat, welches die Hefe niederschlägt. Die Monobromessigsäure dient dazu,

die Hefegärung sofort zum Stillstand zu bringen. Der Niederschlag von Bleiphosphat wird durch Filtrieren aus der Flüssigkeit entfernt. Soweit sich noch geringe Trübungen zeigen, werden diese mittels Tierkohle beseitigt, und jetzt ist man in der Lage, die völlig klare Flüssigkeit im Polarisationsapparat auf ihren Glukosegehalt zu untersuchen. Dieses geschah in einer Zwei-Dezimeterröhe.

Die Versuche gliedern sich in zwei Serien:

A. Versuche mit primärem Kaliumphosphat.

B. Versuche mit sekundärem Natriumphosphat.

Jede dieser Versuchserien hat drei Versuchsreihen:

1. Untersuchung der Bäckerhefe,
2. Untersuchung der Germania-Bierhefe,
3. Untersuchung der Westfalia-Bierhefe.

Innerhalb dieser Versuchsreihen gelangten drei verschiedene Eisenverbindungen jeweils in den Konzentrationen 1.10^{-3} bis 1.10^{-8} zur Anwendung, und zwar Ferrisulfat, Ferrosulfat und Eisenzucker. Jede Versuchsreihe enthielt zwei Kontrollversuche, welche an Stelle der Eisenlösung Aqu. dest. enthielten, um uns zu zeigen, wie die Gärung ohne Eisenzusatz bei der jeweiligen Temperatur normal verläuft. Auch gibt uns die Übereinstimmung der beiden Kontrollversuche die Gewähr für die Genauigkeit des Gesamtversuches. Außerdem enthielt jede Versuchsreihe zwei direkte Versuche, die sofort nach dem Ansetzen mit Bleiacetat unterbrochen wurden und von deren Drehungswert die Werte der anderen Versuche subtrahiert wurden, um die Menge der vergorenen Dextrose zu bestimmen. Sämtliche Versuchsreihen wurden doppelt gemacht. Die in den Tabellen 1—6 angegebenen Winkelgrade sind Mittelwerte von je zwei Versuchsreihen. Innerhalb jeder Versuchsreihe wurde der Drehungswert in Grad des Einzelversuches durch vier Ablesungen bestimmt. Somit stellen die angegebenen Werte das Mittel von acht Ablesungen dar; beim Kontrollversuch und dem direkten Versuch das Mittel von 16 Ablesungen. Die Versuchsergebnisse liegen, dem Gang der Versuche entsprechend, in den Tabellen 1—6 fest. Es ist hier sowohl der Drehungswert jedes einzelnen Versuches, wie auch sein Prozentgehalt vom Kontrollversuch angegeben. Die Übersichtstabelle 7 enthält den Glukoseabbau in % von sämtlichen ausgeführten Versuchen, und erlaubt so eine genaue Gegenüberstellung der einzelnen Ergebnisse. Die in den Besprechungen der Versuchsserie angegebenen Tabellenzahlen beziehen sich auf die Übersichtstabelle Nr. 7.

Versuchsserie A.

Versuche mit primärem Kaliumphosphat.

Tabelle A 1 zeigt uns deutlich die gärungshemmende Wirkung des Ferrisulfats. Die stärkste Hemmung liegt, der stärksten Ferrisulfatkonzentration entsprechend, bei der Verdünnung 1.10^{-3}, und zwar zeigt dieser Versuch eine Hemmung auf die Gärung der Bäckerhefe bis zu 37 %. Auch bei der Verdünnung 1.10^{-4} ist noch eine deutliche Hemmung von 17 % vorhanden. Die geringeren Konzentrationen üben keinen Einfluß mehr aus. Auch auf die beiden Bierhefen wirkt das Ferrisulfat in ähnlicher Weise ein. Die stärkste Gärungshemmung findet sich bei der Ferrisulfatkonzentration 1.10^{-3}. Bei der Germania-Bierhefe beträgt sie 46 %. Noch stärker wird die Gärung der Westfalia-Bierhefe durch Ferrisulfat in der Verdünnung 1.10^{-3} beeinflußt. Es findet sich eine Hemmung um 51 %. Der Gärungsvorgang ist um die Hälfte verzögert. Bei dieser Hefe treten jedoch bei den niedrigeren Zusatzkonzentrationen leichte Beschleunigungen bis zu 6 % auf. Im ganzen aber werden die Ergebnisse von Hodel und Neuenschwander[3]) bestätigt, die dem Ferriion gärungshemmende Eigenschaften beimessen. Verfasser fanden durch Untersuchung des Ablaufs der Gärung, daß durch das Ferriion die Induktionszeit verlängert wird. Als Erklärung für diesen Vorgang wurde die reduzierende Wirkung der Hefe angeführt. Hefe reduziert Ferriion zu Ferroion, welches auf die Gärung nur geringen Einfluß ausübt und unter dessen Einfluß die Gärung später einsetzt.

Tabelle A 2 zeigt uns deutlich das Verhalten von Ferrosulfat zu den drei Hefen. Die starke Hemmung in den höchsten Konzentrationen wie beim Ferrisalz tritt hier nicht ein. Allerdings wirkt auch hier eine Konzentration von 1.10^{-3} bis zu 30 % hemmend auf die Gärung der Bäckerhefe. Darin stimmen die Versuche mit denen Harpuders[4]) überein, doch ist nicht bei allen Hefen die Hemmung gleich. Bei den Bierhefen beträgt sie nur 7 und 8 %. Eine leichte Beschleunigung, wie sie Hodel und Neuenschwander[5]) angeben, konnte nur bei der Westfalia-Hefe und der Ferrosulfatverdünnung 1.10^{-4} festgestellt werden.

In Tabelle 3 liegen die Versuchsergebnisse von Eisenzucker auf die Hefen fest. Es läßt sich nur eine ganz geringe

[3]) Hodel und Neuenschwander: l. c.

[4]) Harpuder: l. c.

[5]) Hodel und Neuenschwander: l. c.

Beeinflussung auf die Gärung feststellen. Geringe Förderungen um 5 % zeigen sich beim Zusatz von Eisenzucker in der Verdünnung 1.10^{-4}. Bei Bäcker- und Germania-Hefe hemmen die Konzentrationen 1.10^{-3} ganz leicht, während sie die Westfalia-Hefe unbeeinflußt lassen.

Zusammenfassend kann gesagt werden: bei saurer Reaktion hemmt Ferrisulfat die Hefegärung in Konzentrationen 1.10^{-3} bis 1.10^{-4} stark, und zwar am stärksten die Gärung der Westfalia-Bierhefe bis über 50 %. Ferrosulfat wirkt ausgesprochen hemmend nur in einer Konzentration 1.10^{-3} auf die Bäckerhefe, indem es die Gärung um 30 % hemmt. Bierhefen erfahren bei dieser Konzentration nur eine leichte Hemmung von 7—8 %. Eisenzucker übt keinen starken Einfluß auf die Gärung aus.

Versuchsserie B.

Versuche mit sekundärem Natriumphosphat.

In dieser Versuchsserie kommen dieselben Hefen und Zusätze zur Anwendung wie in der vorigen. Geändert ist hier lediglich die Suspensionsflüssigkeit für die Hefe, indem statt prim. Ka-phosphat sek. Natr.-phosphat zur Anwendung kommt. Trotzdem sind die Versuchsergebnisse von denen der Serie A recht verschieden. Tabelle B 1 zeigt uns den Einfluß des Ferrisulfats. Diesmal ist aber keinerlei gärungshemmende Wirkung festzustellen; im Gegenteil hat hier das Ferrisalz in fast sämtlichen Konzentrationen die Gärung der Bierhefe angeregt bis zu einem Höchstwert bis zu 19 % bei Germania- und 14 % bei Westfalia-Bierhefe. Diese Höchstwerte wurden durch die Ferrisulfatkonzentration 1.10^{-3} erzielt, im Gegensatz zu den Versuchen mit prim. Ka-phosphat, bei denen diese Konzentration die stärkste Hemmung hervorrief. Eine Wirkung von Ferrisalz auf die Bäckerhefe zeigt dieser Versuch nicht.

Tabelle B 2 zeigt, wie verschieden die einzelnen Hefestämme auf das gleiche Salz wirken. Während das Ferrosulfat die Gärung der Bäckerhefe um 55 % hemmt, fördert es die der Bierhefen in fast allen Konzentrationen. Diese Hemmung, die die stärkste von allen Versuchen ist, tritt bei einer Ferrosulfatkonzentration 1.10^{-3} ein. Während bei den Versuchen mit sekundärem Natriumphosphat im allgemeinen die fördernden Einflüsse der Eisenverbindungen überwiegen, macht die Bäckerhefe eine Ausnahme, sie wird sogar noch stärker gehemmt als bei saurer Reaktion.

In Tabelle B 3 sind die Wirkungen des Eisenzuckers dargestellt. Auch hier verhält sich Bäckerhefe anders als Bierhefe.

Bäckerhefe wird nur ganz unwesentlich beeinflußt, Bierhefe dagegen wird durch sämtliche Eisenzuckerkonzentrationen in der Gärung gefördert. Seine größte Wirkung entfaltet der Eisenzucker in der Verdünnung 1.10^{-6}, indem er die Gärung der Germania-Hefe um 16 % steigert.

Die Versuchsserie B zeigt, daß in Gegenwart von sekundärem Natriumphosphat sämtliche Bierhefen durch die drei Eisensalze in der Gärung gefördert werden. Ein Vergleich der A- und B-Serie läßt erkennen, wie sehr die Beeinflussung der Hefegärung durch Eisensalze abhängig von der Wasserstoffionenkonzentration der gärenden Flüssigkeit ist.

Zusammenfassung.

Der Einfluß von Eisensalzen auf die alkoholische Gärung ist stark abhängig von dem Säuregrad der Suspensionsflüssigkeit. Während Ferrisulfat in Konzentrationen von 1.10^{-3} bei Anwesenheit von primärem Kaliumphosphat $p_H = 4{,}53$, also bei saurer Reaktion, die Gärung sämtlicher Hefen hemmt, fördert dasselbe Salz die Gärung bei Anwesenheit von sekundärem Na-Phosphat, ph = 8,25, also in alkalischer Lösung. Ferri- und Ferrosulfat unterscheiden sich sehr in ihrer Wirkung auf die Gärung. Bei saurer Reaktion hemmt Ferrisulfat die Gärung viel stärker als Ferrosulfat gleicher Konzentration. Auffällig ist, daß Ferrosulfat dagegen bei alkalischer Reaktion die Gärung der Bäckerhefe um 55 % hemmt, während die Bierhefe durch diese Konzentration eine Förderung erfährt; und ganz allgemein die fördernden Einflüsse der Eisensalze bei alkalischer Reaktion überwiegen. Der Grund hierfür ist nur in einem grundsätzlich verschiedenen Verhalten der einzelnen Hefestämme zu sehen. Eisenzucker übt bei saurer Reaktion keinen merklichen Einfluß aus. Bei alkalischer Reaktion wirkt er auf Bierhefe fördernd. Den stärksten Einfluß übt der Eisenzucker bei alkalischer Reaktion bei der Verdünnung 1.10^{-6} auf die Germania-Hefe aus, indem er die Gärung um 16 % fördert.

Tabelle 1.

Primäres Phosphat. Bäckerhefe.

Konzentration	Drehungsgrad			Abbau in % vom Kontrollversuch		
	Ferri-sulfat	Ferro-sulfat	Eisen-zucker	Ferri-sulfat	Ferro-sulfat	Eisen-zucker
direkt	6,29	6,29	6,29			
Kontrolle	3,21	3,21	3,21	100	100	100
1.10^{-8}	3,31	3,29	3,20	97	97	100
1.10^{-7}	3,28	3,30	3,25	98	97	99
1.10^{-6}	3,24	3,34	3,17	99	96	101
1.10^{-5}	3,30	3,22	3,15	97	100	102
1.10^{-4}	3,74	3,29	3,08	83	97	104
1.10^{-3}	4,34	4,13	3,34	63	70	96

Tabelle 2.

Primäres Kalium-Phosphat. Germania-Bierhefe.

Konzentration	Drehungsgrad			Abbau in % vom Kontrollversuch		
	Ferri-sulfat	Ferro-sulfat	Eisen-zucker	Ferri-sulfat	Ferro-sulfat	Eisen-zucker
direkt	6,39	6,39	6,39			
Kontrolle	3,40	3,40	3,40	100	100	100
1.10^{-8}	3,50	3,51	3,48	97	96	97
1.10^{-7}	3,52	3,57	3,53	96	94	96
1.10^{-6}	3,37	3,44	3,39	101	99	100
1.10^{-5}	3,42	3,43	3,38	99	99	100
1.10^{-4}	4,08	3,39	3,26	78	100	105
1.10^{-3}	4,79	3,65	3,51	54	92	96

Tabelle 3.

Primäres Kaliumphosphat. Westfalia-Bierhefe.

Konzentration	Drehungsgrad			Abbau in % vom Kontrollversuch		
	Ferri-sulfat	Ferro-sulfat	Eisen-zucker	Ferri-sulfat	Ferro-sulfat	Eisen-zucker
direkt	6,26	6,26	6,26			
Kontrolle	3,36	3,36	3,36	100	100	100
1.10^{-8}	3,43	3,52	3,36	98	94	100
1.10^{-7}	3,31	3,33	3,30	102	101	102
1.10^{-6}	3,18	3,45	3,28	106	97	103
1.10^{-5}	3,55	3,48	3,22	93	96	105
1.10^{-4}	3,63	3,19	3,21	91	106	105
1.10^{-3}	4,83	3,57	3,34	49	93	100

Tabelle 4.

Sekundäres Natrium-Phosphat. Bäckerhefe.

Konzentration	Drehungsgrad			Abbau in % vom Kontrollversuch		
	Ferri-sulfat	Ferro-sulfat	Eisen-zucker	Ferri-sulfat	Ferro-sulfat	Eisen-zucker
direkt	6,41	6,41	6,41			
Kontrolle	3,64	3,64	3,64	100	100	100
1.10^{-8}	3,70	3,72	3,71	98	97	97
1.10^{-7}	3,58	3,80	3,53	102	94	104
1.10^{-6}	3,63	3,73	3,59	100	97	102
1.10^{-5}	3,75	3,73	3,91	96	97	90
1.10^{-4}	3,69	4,13	3,88	98	82	91
1.10^{-3}	3,66	5,14	3,69	99	45	98

Tabelle 5.

Sekundäres Natrium-Phosphat. Germania-Bierhefe.

Konzentration	Drehungsgrad			Abbau in % vom Kontrollversuch		
	Ferri-sulfat	Ferro-sulfat	Eisen-zucker	Ferri-sulfat	Ferro-sulfat	Eisen-zucker
direkt	6,81	6,81	6,81			
Kontrolle	4,00	4,00	4,00	100	100	100
1.10^{-8}	4,04	3,83	3,84	99	106	106
1.10^{-7}	3,94	3,87	3,71	102	105	110
1.10^{-6}	3,82	3,79	3,55	106	107	116
1.10^{-5}	3,97	3,77	3,75	101	108	109
1.10^{-4}	3,99	3,56	3,77	100	116	108
1.10^{-3}	3,49	3,84	3,85	119	106	105

Tabelle 6.

Sekundäres Natrium-Phosphat. Westfalia-Bierhefe.

Konzentration	Drehungsgrad			Abbau in % vom Kontrollversuch		
	Ferri-sulfat	Ferro-sulfat	Eisen-zucker	Ferri-sulfat	Ferro-sulfat	Eisen-zucker
direkt	6,38	6,38	6,38			
Kontrolle	3,18	3,18	3,18	100	100	100
1.10^{-8}	3,11	3,14	3,09	102	101	103
1.10^{-7}	3,22	3,02	3,33	98	105	95
1.10^{-6}	3,15	2,96	2,96	101	107	107
1.10^{-5}	3,01	3,05	3,17	105	104	100
1.10^{-4}	2,87	3,09	3,19	110	103	100
1.10^{-3}	2,74	3,26	3,09	114	98	103

Übersichtstabelle 7.

Glukoseabbau in % vom Kontrollversuch.

Konzentration	Serie A Primäres Kalium-Phosphat			Serie B Sekundäres Natrium-Phosphat		
	Bäcker-hefe	German. Hefe	Westf. Hefe	Bäcker-hefe	German. Hefe	Westf. Hefe
1. Ferrisulfat						
1.10^{-8}	97	97	98	98	99	102
1.10^{-7}	98	96	102	102	102	98
1.10^{-6}	99	101	106	100	106	101
1.10^{-5}	97	99	93	96	101	105
1.10^{-4}	83	78	91	98	100	110
1.10^{-3}	63	54	49	99	119	114
2. Ferrosulfat						
1.10^{-8}	97	96	94	97	106	101
1.10^{-7}	97	94	101	94	105	105
1.10^{-6}	96	99	97—	97	107	107
1.10^{-5}	100	99	96	97	108	104
1.10^{-4}	97	100	106	82	116	103
1.10^{-3}	70	92	93	45	106	98
3. Eisenzucker						
1.10^{-8}	100	97	100	97	106	103
1.10^{-7}	99	96	102	104	110	95
1.10^{-6}	101	100	103	102	116	107
1.10^{-5}	102	100	105	90	109	100
1.10^{-4}	104	105	105	91	108	100
1.10^{-3}	96	96	100	98	105	103

Lebenslauf.

Ich, Ernst Lohweg, wurde am 27. Juli 1911 zu Oerlinghausen, als Sohn des Malermeisters Heinrich Lohweg, geboren. Ich besuchte 4 Jahre die Volksschule und später die Oberrealschule zu Bielefeld. Dort bestand ich Ostern 1931 die Reifeprüfung. Von meiner Studienzeit verbrachte ich drei Semester in Hamburg und fünf Semester in Münster. Hier bestand ich am 26. November 1935 mein Staatsexamen als Zahnarzt mit dem Urteil sehr gut.